

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2005 年 9 月 15 日 (15.09.2005)

PCT

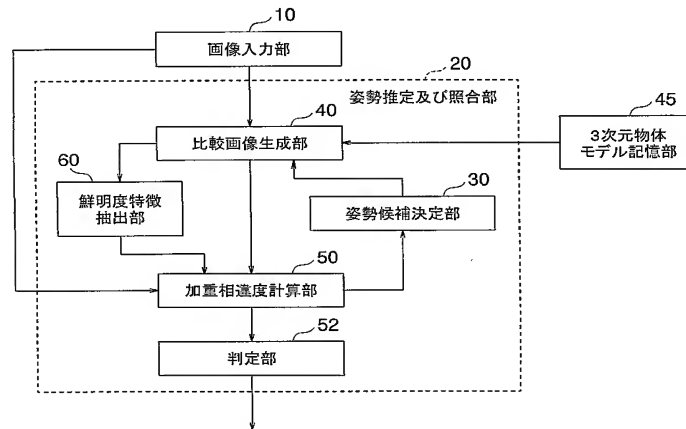
(10) 国際公開番号
WO 2005/086089 A1

- (51) 国際特許分類: G06T 1/00 港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2005/004148
- (22) 国際出願日: 2005 年 3 月 3 日 (03.03.2005)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2004-059531 2004 年 3 月 3 日 (03.03.2004) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本電気株式会社 (NEC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 濱中 雅彦 (HAMANAKA, Masahiko) [JP/JP]; 〒1088001 東京都
- (74) 代理人: 池田 憲保, 外 (IKEDA, Noriyasu et al.); 〒1050003 東京都港区西新橋一丁目 4 番 1 0 号 第 3 森ビル Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA,

[続葉有]

(54) Title: OBJECT POSTURE ESTIMATION/CORRELATION SYSTEM, OBJECT POSTURE ESTIMATION/CORRELATION METHOD, AND PROGRAM FOR THE SAME

(54) 発明の名称: 物体の姿勢推定及び照合システム、物体の姿勢推定及び照合方法、並びにそのためのプログラム



10 IMAGE INPUT UNIT
20 POSTURE ESTIMATION/CORRELATION UNIT
40 COMPARISON IMAGE GENERATION UNIT
60 CLARITY CHARACTERISTIC EXTRACTION UNIT
30 POSTURE CANDIDATE DECISION UNIT
50 WEIGHTED DIFFERENCE CALCULATOR
52 JUDGMENT UNIT
45 3-DIMENSIONAL OBJECT MODEL STORAGE UNIT

(57) Abstract: A posture estimation/correlation system includes a posture estimation/correlation unit (20). In the posture estimation/correlation unit (20), a posture candidate decision unit (30) decides a posture candidate. According to the posture candidate decided, a comparison image generation unit (40) projects a 3-dimensional object model obtained from a 3-dimensional object model storage unit (45) into a 2-dimensional image and generates a plurality of comparison images near to the input image. A clarity extraction unit (60) extracts a first clarity characteristic amount reflecting the clarity from the comparison image generated. A weighted difference calculator

[続葉有]

WO 2005/086089 A1



SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(50) calculates a plurality of weighted differences by weighting a first clarity characteristic amount to the difference between the input image and the comparison image. A judgment unit (52) selects the comparison image having the least weighted difference as the comparison image nearest to the input image, thereby performing posture estimation and correlation.

(57) 要約: 姿勢推定及び照合システムは姿勢推定及び照合部20を備える。姿勢推定及び照合部20においては、姿勢候補決定部30が姿勢候補を決定する。比較画像生成部40は、決定された姿勢候補に応じて、3次元物体モデル記憶部45より得られる3次元物体モデルを2次元の画像に射影しつつ入力画像に近い比較画像を複数個生成する。鮮明度抽出部60は、生成された比較画像から鮮明度を反映した第1の鮮明度特徴量を抽出する。加重相違度計算部50は、入力画像と比較画像の相違度に第1の鮮明度特徴量を加重した複数の加重相違度を計算する。判定部52は、最小の加重相違度を持つ比較画像を、入力画像に最も近い比較画像として選出することにより姿勢推定および照合を行う。

明 細 書

物体の姿勢推定及び照合システム、物体の姿勢推定及び照合方法、
並びにそのためのプログラム

技術分野

本発明は物体の姿勢推定及び照合システム、物体の姿勢推定及び照合方法、並びにそのためのプログラムに関する。本発明は、特に、様々な姿勢や照明の条件下で撮影された物体の画像を物体モデルと照合し、物体の姿勢推定や照合を行うシステム及び方法並びにプログラムに関する。

背景技術

従来の物体姿勢推定システムの一例（以下、従来技術と称する）が、例えば特開 2003-058896 号公報に開示されている。図 1 に示すように、従来の物体姿勢推定システムは、画像入力部 10 と、3 次元物体モデル記憶部 45 と、姿勢推定部 25 とから構成されている。姿勢推定部 25 は、姿勢候補決定部 30 と、比較画像生成部 40 と、相違度計算部 55 と、判定部 56 とを含む。

このような構成を有する従来の物体姿勢推定システムは次のように動作する。3 次元物体モデル記憶部 45 には、複数の物体を計測して生成した複数の 3 次元物体モデルが予め記憶されている。姿勢推定部 25 は、画像入力部 10 から入力された入力画像と 3 次元物体モデル記憶部 45 から読み出された 3 次元物体モデルとを比較することにより姿勢推定を行う。

具体的には、最初に姿勢候補決定部 30 が複数の姿勢候補を生成し、比較画像生成部 40 に出力する。比較画像生成部 40 は、生成された姿勢候補に応じて、3 次元物体モデルを 2 次元の画像に射影しつつ照明条件などが入力画像に近い比較画像を複数個生成し、相違度計算部 55 に出力する。相違度計算部 55 は、画像入力部 10 からの入力画像と比較画像生成部 40 からの比較画像とを比較して

比較画像毎に相違度を算出し、算出した相違度を判定部 5 6 に出力する。判定部 5 6 は算出された相違度に基づいて複数の比較画像の中から入力画像に最も近い比較画像を選出して最適な姿勢を推定し、推定結果を出力する。

上記の従来技術には、以下のような問題点がある。対象となる 3 次元物体モデルの物体と入力画像の物体が同じであっても、3 次元物体モデルから推定された姿勢が入力画像の物体の姿勢と合っていない場合、入力画像と比較画像の相違度が十分小さくなり（または類似度が十分大きくなり）、誤った姿勢推定結果を生じることがある。あるいはまた、対象となる 3 次元物体モデルの物体と入力画像の物体が異なっている場合でも、入力画像と比較画像の相違度が十分小さくなり、誤った姿勢推定結果を生じることがある。

その理由は、従来技術では、3 次元物体モデルから入力画像に近い比較画像をいくつか生成し、入力画像といくつかの比較画像との比較のみにより入力画像に最も近い比較画像を選出し姿勢推定を行っているためである。つまり、3 次元物体モデルから推定された姿勢が入力画像の物体の姿勢と合っていない場合、入力画像と同程度の鮮明度の比較画像が生成されるとエッジ部等の位置が違うため比較的相違度は高い。しかし、入力画像より鮮明度の低い比較画像が生成されると比較画像のエッジ部の誤差が低減される。この場合、入力画像と比較画像との相違度は比較的小さくなり、入力画像と誤った姿勢の比較画像との相違度がわずかなノイズ等によって最も小さくなってしまふことがある。

一方、物体の照合を行う場合、照合は各 3 次元物体モデルから求められた最適な比較画像と入力画像との相違度が最も小さい物体を選出することにより実行される。しかしながら、入力画像と比較画像との比較のみにより相違度を求めると、誤った物体の場合でも相違度が十分小さくなることがあり、誤った照合結果を生じることがある。

本発明の目的は、様々な姿勢や照明の条件下で撮影された物体の画像に対して、高精度に姿勢推定や照合を行うことができる物体の姿勢推定及び照合システム並びに物体の姿勢推定及び照合方法を提供することにある。

本発明の他の目的は、様々な照明の条件下で撮影された物体の画像に対して、

高精度に照合ができる物体照合システム及び物体照合方法を提供することにある。

発明の開示

本発明の第 1 の態様によれば、入力画像と 3 次元物体モデルとを比較して物体の姿勢推定を行う姿勢推定システムが提供される。本姿勢推定システムは、少なくとも 1 つの姿勢候補を生成する姿勢候補決定部と、生成された姿勢候補に応じて、3 次元物体モデルを 2 次元の画像に射影しつつ入力画像に近い比較画像を複数個生成する比較画像生成部と、複数の比較画像のそれぞれから鮮明度を反映した第 1 の鮮明度特徴量を抽出する第 1 の鮮明度特徴抽出部とを含む。姿勢推定システムは更に、入力画像と比較画像の相違度に第 1 の鮮明度特徴量を加重した複数の加重相違度を計算する加重相違度計算部と、複数の加重相違度の中から最小の加重相違度を持つ比較画像を選出し、選出された比較画像に基づいて最適な姿勢を推定する判定部とを備える。

本発明の第 2 の態様によれば、上記の姿勢推定システムを用いた姿勢推定及び照合システムが提供される。本姿勢推定及び照合システムにおいては、判定部が更に、推定した最適姿勢の最小加重相違度をあらかじめ定められたしきい値と比較することにより物体照合をも行う。

本発明の第 3 の態様によれば、入力画像と物体モデルとを比較して物体の照合を行う照合システムが提供される。本照合システムは、物体モデルから入力画像に近い比較画像を複数個生成する比較画像生成部と、複数の比較画像のそれぞれから鮮明度を反映した第 1 の鮮明度特徴量を抽出する第 1 の鮮明度特徴抽出部とを含む。照合システムは更に、入力画像と比較画像の相違度に第 1 の鮮明度特徴量を加重した複数の加重相違度を計算する加重相違度計算部と、計算された複数の加重相違度をあらかじめ設定したしきい値と比較することにより物体の照合を行う判定部とを備える。

第 1 ～第 3 の態様のいずれにおいても、更に、入力画像から鮮明度を反映した第 2 の鮮明度特徴量を抽出する第 2 の鮮明度特徴抽出部を備えても良い。この場合、加重相違度計算部は、入力画像と比較画像の相違度に、入力画像の第 2 の鮮

明度特徴量と比較画像の第1の鮮明度特徴量との相違度を加重した複数の加重相違度を計算する。

本発明の第4の態様によれば、入力画像と3次元物体モデルとを比較して物体の姿勢推定を行う姿勢推定方法が提供される。本姿勢推定方法においては、少なくとも1つの姿勢候補を生成し、生成された姿勢候補に応じて、3次元物体モデルを2次元の画像に射影しつつ入力画像に近い比較画像を複数個生成する。本姿勢推定方法においてはまた、複数の比較画像のそれぞれから鮮明度を反映した第1の鮮明度特徴量を抽出し、入力画像と比較画像の相違度に第1の鮮明度特徴量を加重した複数の加重相違度を計算する。

本発明の第5の態様によれば、上記第4の態様による姿勢推定方法を用いた姿勢推定及び照合方法が提供される。本姿勢推定及び照合方法においては更に、複数の加重相違度の中から最小の加重相違度を持つ比較画像を選出し、選出された比較画像に基づいて最適な姿勢を推定する。

第4、第5の態様のいずれにおいても、更に、入力画像から鮮明度を反映した第2の鮮明度特徴量を抽出するようにしても良い。この場合、加重相違度計算においては、入力画像と比較画像の相違度に、入力画像の第2の鮮明度特徴量と比較画像の第1の鮮明度特徴量との相違度を加重した複数の加重相違度を計算する。

本発明の第6の態様によれば、入力画像と物体モデルとを比較するための物体相違度計算方法が提供される。本物体相違度計算方法においては、物体モデルから入力画像に近い比較画像を複数個生成し、複数の比較画像のそれぞれから鮮明度を反映した第1の鮮明度特徴量を抽出し、入力画像と比較画像の相違度に第1の鮮明度特徴量を加重した複数の加重相違度を計算する。

本物体相違度計算方法においては、更に、入力画像から鮮明度を反映した第2の鮮明度特徴量を抽出しても良い。この場合、加重相違度計算においては、入力画像と比較画像の相違度に、入力画像の第2の鮮明度特徴量と比較画像の第1の鮮明度特徴量との相違度を加重した複数の加重相違度を計算する。

本発明の第7の態様によれば、上記物体相違度計算方法を用いた物体照合方法が提供される。本物体照合方法においては、更に、計算された複数の加重相違度

の比較を行うことにより物体照合を行うことができる。

本発明の第 8 の態様によれば、コンピュータに、入力画像と 3 次元物体モデルとを比較して物体の姿勢推定を実行させるための姿勢推定プログラムが提供される。本姿勢推定プログラムにおいては、少なくとも 1 つの姿勢候補を生成する姿勢候補決定処理と、生成された姿勢候補に応じて、3 次元物体モデルを 2 次元の画像に射影しつつ入力画像に近い比較画像を複数個生成する比較画像生成処理と、複数の比較画像のそれぞれから鮮明度を反映した第 1 の鮮明度特徴量を抽出する第 1 の鮮明度特徴抽出処理とが実行される。本姿勢推定プログラムにおいてはまた、入力画像と比較画像の相違度に第 1 の鮮明度特徴量を加重した複数の加重相違度を計算する加重相違度計算処理と、複数の加重相違度の中から最小の加重相違度を持つ比較画像を選出し、選出された比較画像に基づいて最適な姿勢を推定する姿勢推定処理とが実行される。

本発明の第 9 の態様によれば、上記の姿勢推定プログラムを用いた姿勢推定及び照合プログラムが提供される。本姿勢推定及び照合プログラムにおいては、姿勢推定処理において更に、推定した最適姿勢の最小加重相違度をあらかじめ定められたしきい値と比較することにより物体照合が行われる。

本発明の第 10 の態様によれば、コンピュータに、入力画像と物体モデルとを比較して物体の照合を実行させるための照合プログラムが提供される。本照合プログラムにおいては、物体モデルから入力画像に近い比較画像を複数個生成する比較画像生成処理と、複数の比較画像のそれぞれから鮮明度を反映した第 1 の鮮明度特徴量を抽出する第 1 の鮮明度特徴抽出処理と、入力画像と比較画像の相違度に第 1 の鮮明度特徴量を加重した複数の加重相違度を計算する加重相違度計算処理と、計算された複数の加重相違度の比較を行うことにより照合を行う照合処理とが実行される。

第 8 ～ 第 10 の態様のいずれにおいても、更に、入力画像から鮮明度を反映した第 2 の鮮明度特徴量を抽出する第 2 の鮮明度特徴抽出処理が実行されても良い。この場合、加重相違度計算処理においては、入力画像と比較画像の相違度に、入力画像の第 2 の鮮明度特徴量と比較画像の第 1 の鮮明度特徴量との相違度を加重

した複数の加重相違度を計算する。

図面の簡単な説明

図 1 は、従来の物体の姿勢推定システムの構成を示すブロック図である。

図 2 は、本発明の第 1 の実施形態による物体の姿勢推定及び照合システムの構成を示すブロック図である。

図 3 は、第 1 の実施形態による物体の姿勢推定の動作を説明するためのフローチャート図である。

図 4 は、第 1 の実施形態による 1 対 1 照合の動作を説明するためのフローチャート図である。

図 5 は、第 1 の実施形態による 1 対 N 照合の動作を説明するためのフローチャート図である。

図 6 は、第 1 の実施形態における 3 次元物体モデルの具体例を説明するための図である。

図 7 は、第 1 の実施形態における入力画像の具体例を説明するための図である。

図 8 は、第 1 の実施形態における比較画像の具体例を説明するための図である。

図 9 は、本発明の第 2 の実施形態による物体の姿勢推定及び照合システムの構成を示すブロック図である。

図 10 は、第 2 の実施形態による物体の姿勢推定の動作を説明するためのフローチャート図である。

図 11 は、本発明の第 3 の実施形態による物体照合システムの構成を示すブロック図である。

図 12 は、第 3 の実施形態による 1 対 1 照合の動作を説明するためのフローチャート図である。

図 13 は、本発明の第 4 の実施形態による物体照合システムの構成を示すブロック図である。

図 14 は、第 4 の実施形態による 1 対 1 照合の動作を説明するためのフローチャート図である。

発明を実施するための最良の形態

本発明を幾つかの実施形態について図面を参照して詳細に説明する。

図 2 は、本発明による物体の姿勢推定及び照合システムの第 1 の実施形態を示す。図 2 において、図 1 で説明した要素と同じ要素には同一番号を付している。物体の姿勢推定及び照合システムは、ビデオカメラ等による画像入力部 10 と、3 次元物体モデル記憶部 45 と、姿勢推定及び照合部 20 とから構成されている。姿勢推定及び照合部 20 は、姿勢候補決定部 30、比較画像生成部 40、鮮明度特徴抽出部（第 1 の鮮明度特徴抽出部）60、加重相違度計算部 50、判定部 52 を含む。

3 次元物体モデル記憶部 45 には、複数の物体の 3 次元物体モデルが予め記憶されている。3 次元物体モデルは、例えば特開 2001-12925 号公報に開示された 3 次元形状計測装置を用いることにより生成することができる。あるいは、3 次元物体モデルは、特開平 9-91436 号公報に開示された、多数のカメラで撮影された複数画像から 3 次元形状を復元する装置を用いることにより生成することができる。いずれにしても、3 次元物体モデルの生成方法は本発明の要旨ではないので詳しい説明は省略する。

姿勢推定及び照合部 20 は、画像入力部 10 より得られる入力画像と 3 次元物体モデル記憶部 45 より得られる 3 次元物体モデルとを比較することにより物体の姿勢推定及び物体照合を行う。

具体的には、はじめに姿勢候補決定部 30 は、少なくとも 1 つの姿勢候補を生成する。姿勢候補は複数個生成されるのが好ましく、以下では姿勢候補が複数個生成される場合について説明する。比較画像生成部 40 は、画像入力部 10 から入力画像を受ける。比較画像生成部 40 はまた、生成された複数の姿勢候補に応じて、3 次元物体モデル記憶部 45 より得られる 3 次元物体モデルを 2 次元の画像に射影しつつ照明条件などが入力画像に近い比較画像を複数個生成する。鮮明度特徴抽出部 60 は、生成された各比較画像から鮮明度を反映した特徴量を鮮明度特徴（以下、第 1 の鮮明度特徴量と呼ぶ）として抽出する。加重相違度計算部

50は、画像入力部10からの入力画像と比較画像生成部40で生成された比較画像の相違度に第1の鮮明度特徴量を加重した相違度（以下、加重相違度と呼ぶ）を比較画像毎に計算する。判定部52は、計算された複数の加重相違度に基づいて複数の比較画像の中から入力画像に最も近い（つまり、最小相違度）比較画像を選出し、選出した比較画像から最適な姿勢を推定する。

後に詳しく説明するように、判定部52は、1つの物体（3次元物体モデル）との照合処理である1対1照合と、複数の3次元物体モデルから入力画像に最も近い物体を検索する1対N物体照合とを行うことができる。判定部52は、1対1照合を行う場合は、最小相違度をあらかじめ設定されているしきい値と比較して、同一物体であるか否かを判定する。一方、判定部52は、1対N照合を行う場合には、複数の3次元物体モデルについて得られる複数の最小相違度のうち最も小さい3次元物体モデルを選出し、物体照合を行う。

次に、図2及び図3を参照して第1の実施形態の姿勢推定における全体の動作について詳細に説明する。ここでは、入力画像と3次元物体モデル C_k とを比較する場合について説明する。

図3において、はじめに画像入力部10により入力画像が得られる（ステップ100）。次に、姿勢候補決定部30において、複数の姿勢候補 $\{e_j\}$ が決定される（ステップ110）。次に、比較画像生成部40は、決定された姿勢候補 $\{e_j\}$ に応じて、3次元物体モデル記憶部45より得られる3次元物体モデル C_k を2次元の画像に射影しつつ入力画像に近い比較画像を複数個生成する（ステップ120）。次に、鮮明度特徴抽出部60は、生成された各比較画像から鮮明度を反映した第1の鮮明度特徴量を抽出する（ステップ130）。加重相違度計算部50は、第1の鮮明度特徴量を用い、入力画像と生成された比較画像との加重相違度 $D^{(1)}_{kj}$ を比較画像毎に計算する（ステップ140）。判定部52は、計算された加重相違度 $D^{(1)}_{kj}$ に基づいて、複数の比較画像から最小相違度 $D_k = \min D^{(1)}_{kj}$ を持つ比較画像を選出することにより、最適な姿勢 e_j を求める（ステップ150）。なお、図2において、加重相違度計算部50から姿勢候補決定部30に向かう線は以下のことを示している。上記の動作では決定された複数の姿勢候補 $\{e$

j }の中から相違度の最も小さい姿勢を選択しているが、姿勢候補決定部30に戻って順次姿勢候補を変化させながら、相違度の最も小さい姿勢を探索してもよい。

次に、図2及び図4を参照して第1の実施形態の1対1照合における全体の動作について詳細に説明する。

図4のステップ100から150は、図3におけるステップ100から150と同一の処理である。ステップ150に続く最後のステップ165において、判定部52は、最小相違度 D_k とあらかじめ決められたしきい値とを比較して、3次元モデル C_k の物体と入力画像の物体とが同一であるか否かを判定する。つまり、最小相違度 D_k があらかじめ決められたしきい値より小さければ両者は同一物体であると判定する。

次に、図2及び図5を参照して第1の実施形態の1対N照合における全体の動作について詳細に説明する。

はじめに、画像入力部10により入力画像が得られる(ステップ100)。次に、3次元物体モデルのモデル番号 k が1とされる(ステップ160)。ステップ110から150は、図3におけるステップ110から150と同一の処理である。ステップ150の後に、判定部52は、モデル番号 k を1増やす(ステップ161)。続いて、ステップ162に移行し、判定部52は、増やされたモデル番号 k があらかじめ決められたモデル数 M に達したかどうかを判別する。増やされたモデル番号 k がモデル数 M 以下の場合は、ステップ110に戻り、ステップ110から150が実行される。これにより、モデル番号 $(k+1)$ の3次元物体モデルの最小相違度が求められる。ステップ162において、増やされたモデル番号 k がモデル数 M に達していれば、ステップ163に移行し、判定部52は M 個の最小相違度 D_k のうちの最も小さい最小相違度 D_k が得られた3次元物体モデル C_k を照合結果として出力する。

次に、第1の実施形態の効果について説明する。

第1の実施形態では、3次元物体モデルから生成された比較画像の鮮明度を反映した第1の鮮明度特徴量を、入力画像と比較画像との相違度計算に加重するよ

うに構成されている。このため、3次元物体モデルの姿勢や物体が入力画像の姿勢や物体に合っていない場合には大きな相違度が生じやすくなり、高精度に姿勢推定や照合ができる。

次に、具体的な実施例を用いて第1の実施形態の姿勢推定における動作を説明する。なお、本実施例では、人物の顔を例として説明するが、他の物体にも適用できることは言うまでも無い。

3次元物体モデル記憶部45には、図6に示すような、物体 k の3次元物体モデルが記憶されている。図6は3次元物体モデル記憶部45に記憶されている複数の3次元物体モデルの一つの例のみを示している。3次元物体モデルは、物体表面の3次元空間 (x, y, z) 内での形状 $P_Q(x, y, z)$ とテクスチャ $T_Q(R, G, B)$ を情報として持っている。 Q は物体表面上の点のインデックスを表し、例えば物体の重心を中心とした球体へ物体表面上の点を重心から射影した点 $Q(s, t)$ の座標に対応している。推定の効率化のために、予め3次元物体モデルから様々な照明条件による学習用CG画像をコンピュータグラフィックスにより生成し、当該学習用CG画像を主成分分析することにより基底画像群を求めておく。

まず、画像入力部10により図7に示すような入力画像 $I(r)$ が得られるものとする(図3のステップ100)。ここで、 r は画素を表す。

次に、姿勢候補決定部30において、複数の姿勢候補 $\{e_j\}$ を決定する(ステップ110)。姿勢候補 $\{e_j\}$ は、入力画像に関係なく予め設定しておいてもよいが、以下のようにしてもよい。例えば、入力画像及び3次元物体モデルから目、鼻、口などの特徴点を手動または自動で抽出する。続いて、抽出された特徴点に基づいて周知の物体の位置及び向きを計算する方法によりおおよその姿勢を推定し、推定された姿勢の近辺で姿勢候補 $\{e_j\}$ を生成する。上記の物体の位置及び向きを計算する方法は、例えば前述した特許文献3に開示されている。

次に、比較画像生成部40は、生成された姿勢候補 $\{e_j\}$ に応じて3次元物体モデルを2次元の画像に射影しつつ入力画像の照明条件に近い比較画像 $G_{k,j}(r)$ を複数個生成する(ステップ120)。ここで、入力画像の照明条件に近い

比較画像の生成は、以下のようにして行われる。予め求められている基底画像群を各姿勢候補に基づいて座標変換し、当該座標変換した基底画像の線形和が当該入力画像に近くなるように、線形和の係数を最小二乗法で求める。図7の入力画像に対して生成された比較画像の例を図8に示すが、濃淡情報は図示していない。

次に、鮮明度特徴抽出部60は、比較画像 $G_{kj}(r)$ から鮮明度を反映した第1の鮮明度特徴量 S_{kj} を抽出する(ステップ130)。鮮明度特徴量は、画像の輝度(色)の変化の度合いを表す量である。例えば、画像 $G(r)$ の第1の鮮明度特徴量 S は、画像 $G(r)$ のエッジ画像 $G'(r)$ におけるエッジ強度がしきい値以上である画素数 E_e の全画素数 E に対する割合 E_e/E で定義できる。なお、第1の鮮明度特徴量 S は、画像のコントラスト(輝度値の範囲)や輝度値の分散などを用いて表しても良い。

次に、加重相違度計算部50は、第1の鮮明度特徴量 S_{kj} を用いて、入力画像 $I(r)$ と比較画像 $G_{kj}(r)$ との加重相違度 $D^{(1)}_{kj}$ を求める(ステップ140)。加重相違度は、比較画像から抽出された第1の鮮明度特徴量が大きい場合に相違度が小さくなるように設定される。例えば、入力画像 $I(r)$ と比較画像 $G_{kj}(r)$ との相違度 $D^{(0)}_{kj}$ にユークリッド距離を用いる場合、以下の式により計算される。

$$D^{(0)}_{kj} = \sum_r \{ I(r) - G_{kj}(r) \}^2$$

また、加重相違度 $D^{(1)}_{kj}$ は、以下の式により計算される。

$$D^{(1)}_{kj} = D^{(0)}_{kj} / \{ 1 + a S_{kj} \} \quad (\text{但し、} a \text{ は重み係数})$$

次に、判定部52は、複数の比較画像の中から最小相違度 $D^{(1)}_k = \min_j D^{(1)}_{kj}$ を持つ比較画像を選出することにより、最適な姿勢 e_j を求める(ステップ150)。

例えば、図8の場合、姿勢 e_1 (比較画像 G_{k1})が最適姿勢である。ここで、各比較画像と入力画像の相違度 $D^{(0)}_{kj}$ がノイズ等により $D^{(0)}_{kj} = \{ 100, 95, 120 \}$ となった場合でも、各比較画像の第1の鮮明度特徴量 S_{kj} が $S_{kj} = \{ 0.5, 0.3, 0.2 \}$ となったとすると、加重相違度 $D^{(1)}_{kj}$ は重み係数 $a = 1$ の場合、 $D^{(1)}_{kj} = \{ 67, 73, 100 \}$ となる。その結果、比較画像 G_{k1} が選出され、姿勢 e_1 が最適姿勢となる。

なお、上記の説明は、物体の姿勢推定及び照合システムとして適用する場合であるが、照合を行わない物体姿勢推定システムあるいは姿勢推定を伴わない物体照合システムとしての適用も可能であることは言うまでも無い。これは後述される第２の実施形態においても同様である。

次に、本発明の第２の実施形態について詳細に説明する。

図９を参照して、本発明の第２の実施形態による、物体の姿勢推定及び照合システムは、画像入力部１０と、第２の鮮明度特徴抽出部６１と、３次元物体モデル記憶部４５と、姿勢推定及び照合部２１とから構成されている。姿勢推定及び照合部２１は、姿勢候補決定部３０と、比較画像生成部４０と、鮮明度特徴抽出部（第１の鮮明度特徴抽出部）６０と、加重相違度計算部５１と、判定部５２とを含む。

画像入力部１０と、３次元物体モデル記憶部４５と、姿勢候補決定部３０と、比較画像生成部４０と、鮮明度特徴抽出部６０は、図２で説明したのと同じ処理を実行する。

第２の鮮明度特徴抽出部６１は、画像入力部１０より得られる入力画像の鮮明度を反映した第２の鮮明度特徴量を抽出する。

姿勢推定及び照合部２１は、画像入力部１０より得られる入力画像と第２の鮮明度特徴抽出部６１より得られる入力画像の第２の鮮明度特徴量とを用い、３次元物体モデル記憶部４５より得られる３次元物体モデルと比較することにより姿勢推定及び照合を行う。

具体的には、姿勢候補決定部３０は、複数の姿勢候補を生成する。比較画像生成部４０は、生成された姿勢候補に応じて、３次元物体モデルを２次元の画像に射影しつつ照明条件などが入力画像に近い比較画像を複数個生成する。鮮明度特徴抽出部６０は、生成された各比較画像から第１の鮮明度特徴量を抽出する。加重相違度計算部５１は、入力画像と比較画像の相違度に、入力画像の第２の鮮明度特徴量と比較画像の第１の鮮明度特徴量の相違度とを加重した加重相違度を比較画像毎に計算する。判定部５２は、計算された加重相違度に基づいて複数の比較画像の中から入力画像に最も近い、つまり、最小相違度を持つ比較画像を選出す

ることにより最適な姿勢を推定する。なお、判定部 5 2 は、1 対 1 照合の場合は、最小相違度とあらかじめ定められたしきい値とを比較して、3 次元物体モデルの物体と入力画像の物体とが同一であるか否かを判定する。一方、1 対 N 照合の場合は、判定部 5 2 は、図 5 で説明したように、M 個の 3 次元物体モデルの中から最小相違度の最も小さい 3 次元物体モデルを選出する。

次に、図 9 及び図 10 を参照して第 2 の実施形態の姿勢推定における全体の動作について詳細に説明する。なお、1 対 1 照合の動作の場合、図 10 のステップ 1 5 1 の後に図 4 のステップ 1 6 5 が実行されることは明らかである。一方、1 対 N 照合の動作の場合、図 10 のステップ 1 1 0 の前に図 5 のステップ 1 6 0 が実行され、図 10 のステップ 1 5 1 の後に図 5 のステップ 1 6 1 から 1 6 3 が実行されることも明白である。それ故、図 10 のステップ 1 5 1 以降の動作説明は省略する。

まず、画像入力部 1 0 により入力画像が得られる（図 10 のステップ 1 0 0）。次に、第 2 の鮮明度特徴抽出部 6 1 は、入力画像の第 2 の鮮明度特徴量を抽出する（ステップ 1 0 1）。次に、姿勢候補決定部 3 0 において、複数の姿勢候補 $\{e_j\}$ を決定する（ステップ 1 1 0）。次に、比較画像生成部 4 0 は、決定された姿勢候補に応じて、3 次元物体モデル C_k を 2 次元の画像に射影しつつ入力画像に近い比較画像を複数個生成する（ステップ 1 2 0）。次に、鮮明度特徴抽出部 6 0 は、生成された比較画像から第 1 の鮮明度特徴量を抽出する（ステップ 1 3 0）。加重相違度計算部 5 1 は、入力画像と生成された比較画像及び入力画像の第 2 の鮮明度特徴量と比較画像の第 1 の鮮明度特徴量を用いた加重相違度 $D^{(2)}_{kj}$ を比較画像毎に求める（ステップ 1 4 1）。

例えば、入力画像と比較画像との相違度を $D^{(0)}_{kj}$ 、入力画像の第 2 の鮮明度特徴量と比較画像の第 1 の鮮明度特徴量との相違度を $D^{(e)}_{kj}$ とした場合、加重相違度 $D^{(2)}_{kj}$ は以下の式で計算される。

$$D^{(2)}_{kj} = D^{(0)}_{kj} + b D^{(e)}_{kj} \quad (\text{但し、} b \text{ は重み係数})$$

第 1、第 2 の鮮明度特徴量の相違度は、ユークリッド距離等により計算できる。判定部 5 2 は、複数の比較画像の中から最小相違度を持つ比較画像を選出するこ

とにより、最適な姿勢 e_j を求める（ステップ 151）。

次に、第 2 の実施形態の効果について説明する。

第 2 の実施形態では、入力画像の第 2 の鮮明度特徴量と比較画像の第 1 の鮮明度特徴量との相違度を入力画像と比較画像との相違度計算に加重するように構成されている。このため、3次元物体モデルの姿勢や物体が入力画像の姿勢や物体と合っていない場合には大きな相違度が生じやすくなり、高精度に姿勢推定や照合ができる。

次に、本発明の第 3 の実施形態について図面を参照して詳細に説明する。

図 11 を参照して、本発明の第 3 の実施形態による物体照合システムは、画像入力部 10 と、物体モデル記憶部 46 と、照合部 22 とから構成されている。照合部 22 は、比較画像生成部 41 と、鮮明度特徴抽出部 60 と、加重相違度計算部 50 と、判定部 54 とを含む。

第 3 の実施形態は、物体の姿勢変動が少ない場合の照合を考慮して、第 1 の実施形態における姿勢候補決定部 30 を省略している。物体の姿勢変動が少ない場合の照合というのは、例えば物体を正面から撮影した画像のみについて照合を行う場合である。

画像入力部 10 と、鮮明度特徴抽出部 60 は、図 2 に示したものと同一処理を実行する。

物体モデル記憶部 46 には、複数の物体の物体モデルが予め記憶されている。物体モデルは、物体を撮影した時の様々な画像変動の情報を含む。例えば、各物体の様々な照明条件での正面顔画像を予め用意し、当該正面顔画像を主成分分析することにより基底画像群を求めておけば、比較画像生成部 41 において、当該基底画像群の合成により入力画像に近い比較画像を生成することができる。

照合部 22 は、画像入力部 10 より得られる入力画像と物体モデル記憶部 46 より得られる物体モデルとを比較することにより照合を行う。

具体的には、比較画像生成部 41 は、物体モデル記憶部 46 より得られる物体モデルから照明条件などが入力画像に近い比較画像を生成する。鮮明度特徴抽出部 60 は、生成された比較画像から鮮明度を反映した第 1 の鮮明度特徴量を抽出

する。加重相違度計算部 50 は、入力画像と生成された比較画像の相違度に第 1 の鮮明度特徴量を加重した加重相違度を計算する。なお、判定部 54 は、1 対 1 照合の場合は、計算された加重相違度とあらかじめ設定されたしきい値とを比較して、物体モデルの物体と入力画像の物体が同一であるか否かを判定する。一方、1 対 N 照合の場合は、判定部 54 は、複数の物体モデルの中から最も小さい最小相違度を持つ物体モデルを選出する。

次に、図 11 及び図 12 を参照して第 3 の実施形態の 1 対 1 照合における全体の動作について詳細に説明する。

まず、画像入力部 10 により入力画像が得られる（図 12 のステップ 100）。次に、比較画像生成部 41 は、物体モデル記憶部 46 より得られる物体モデル C_k から入力画像に近い比較画像を複数個生成する（ステップ 121）。次に、鮮明度特徴抽出部 60 は、各比較画像から鮮明度を反映した第 1 の鮮明度特徴量を抽出する（ステップ 130）。加重相違度計算部 50 は、入力画像と比較画像の相違度に第 1 の鮮明度特徴量を加重した加重相違度 $D_k = D^{(1)}_k$ を比較画像毎に計算する（ステップ 142）。最後に、判定部 54 は、計算された加重相違度とあらかじめ設定されたしきい値とを比較して、物体モデルの物体と入力画像の物体が同一であるか否かを判定する（ステップ 165）。つまり、計算された加重相違度があらかじめ設定されたしきい値より小さい場合に同一であると判定する。

1 対 N 照合の場合は、図 5 で説明した 1 対 N 照合における 3 次元物体モデルが物体モデルに代わることを除けば、ほぼ同じであるので説明は省略する。

次に、第 3 の実施形態の効果について説明する。

第 3 の実施形態では、第 1 の鮮明度特徴量を入力画像と比較画像の相違度計算に加重するように構成されている。このため、物体モデルの物体と入力画像の物体が合っていない場合には大きな相違度が生じやすくなり、高精度に照合ができる。

次に、本発明の第 4 の実施形態について図面を参照して詳細に説明する。

図 13 を参照して、本発明の第 4 の実施形態による物体照合システムは、画像入力部 10 と、第 2 の鮮明度特徴抽出部 61 と、物体モデル記憶部 46 と、照合

部 2 3 とから構成されている。照合部 2 3 は、比較画像生成部 4 1 と、鮮明度特徴抽出部（第 1 の鮮明度特徴抽出部） 6 0 と、加重相違度計算部 5 1 と、判定部 5 4 とを含む。

第 4 の実施形態は、第 3 の実施形態と同様に、物体の姿勢変動が少ない場合の照合を考慮して、第 2 の実施形態における姿勢候補決定部 3 0 を省略した形態である。物体の姿勢変動が少ない場合の照合というのは、前述したように、例えば物体を正面から撮影した画像のみについて照合を行う場合である。

画像入力部 1 0 と、第 2 の鮮明度特徴抽出部 6 1 と、加重相違度計算部 5 1 は、図 9 で説明した第 2 の実施形態における各部と同じ処理を実行する。一方、物体モデル記憶部 4 6 と、比較画像生成部 4 1 と、鮮明度特徴抽出部 6 0 は、図 1 1 で説明した第 3 の実施形態における各部と同じ処理を実行する。

次に、図 1 3 及び図 1 4 を参照して第 4 の実施形態による 1 対 1 照合の全体の動作について詳細に説明する。

まず、画像入力部 1 0 により入力画像が得られる（図 1 4 のステップ 1 0 0）。次に、第 2 の鮮明度特徴抽出部 6 1 は、入力画像から鮮明度を反映した第 2 の鮮明度特徴量を抽出する（ステップ 1 0 1）。次に、比較画像生成部 4 1 は、物体モデル記憶部 4 6 より得られる物体モデル C_k から入力画像に近い比較画像を複数個生成する（ステップ 1 2 1）。次に、鮮明度特徴抽出部 6 0 は、生成された比較画像から鮮明度を反映した第 1 の鮮明度特徴量を抽出する（ステップ 1 3 0）。加重相違度計算部 5 1 は、入力画像と生成された比較画像及び入力画像の第 2 の鮮明度特徴量と比較画像の第 1 の鮮明度特徴量とを用いた加重相違度 $D_k = D^{(2)}_k$ を比較画像毎に計算する（ステップ 1 4 3）。最後に、判定部 5 4 は、計算された加重相違度をあらかじめ設定されたしきい値と比較して、物体モデルの物体と入力画像の物体が同一であるか否かを判定する（ステップ 1 6 5）。

1 対 N 照合の場合は、図 5 で説明した 1 対 N 照合における 3 次元物体モデルが物体モデルに代わることを除けば、ほぼ同じであるので説明は省略する。

次に、第 4 の実施形態の効果について説明する。

第 4 の実施形態では、入力画像の第 2 の鮮明度特徴量と比較画像の第 1 の鮮明

度特徴量の相違度とを、入力画像と比較画像の相違度計算に加重するように構成されている。このため、物体モデルの物体と入力画像の物体が合っていない場合には大きな相違度が生じやすくなり、高精度に照合ができる。

前述した第2及び第4の実施形態では、鮮明度特徴量は1次元の特徴量としたが、より高次の特徴量でもよい。例えば、エッジ画像を高次の鮮明度特徴量として、画素毎または小領域毎に鮮明度特徴量の相違度を求めても良い。また、画像が鮮明でない場合は特徴点を安定に抽出できないため、鮮明度を反映した鮮明度特徴量として特徴点を用いても良い。特徴点は、顔の場合、目、鼻、口などの位置が一般的であり、周知の顔特徴抽出方法などを用いて自動的に抽出できる。顔特徴抽出方法は、例えば「顔特徴点の自動抽出と追跡」（稲田ら）2001年1月、電子情報通信学会信学技法、PRMU2000-151に開示されている。特徴点の相違度は、特徴点の座標値を特徴量として、ユークリッド距離等により計算できる。

更に、いずれの実施形態においても、抽出された特徴点数を鮮明度特徴量として用いても良い。

いずれの実施形態においても、3次元物体モデルあるいは物体モデルは予め記憶され、画像は画像入力部から入力される。しかし、本発明は、画像を予め記憶装置に記憶しておき、3次元物体モデルあるいは物体モデルを別の入力部を通して入力する場合にも適用可能である。本発明はまた、画像と3次元物体モデルあるいは物体モデルの双方を入力部を通して入力する場合にも適用可能である。

本発明による物体の姿勢推定及び照合システムは、構成要素である各部の機能をハードウェア的に実現できることは勿論である。一方、上記各部の機能をソフトウェア的に実現することもできる。これは、上記した各部の機能を実行する姿勢推定及び照合プログラム（アプリケーション）をコンピュータ処理装置のメモリにロードしておき、姿勢推定及び照合プログラムに基づいてコンピュータ処理装置を制御することで実現することができる。この姿勢推定及び照合プログラムは、磁気ディスク、半導体メモリその他の記録媒体に格納され、その記録媒体からコンピュータ処理装置にロードされて、コンピュータ処理装置の動作を制御する。

これにより、上述した各機能が実現される。これは、物体の姿勢推定プログラム、物体の照合プログラムについても同様である。

本発明によれば、以下の効果が得られる。

様々な姿勢や照明の条件下で撮影された物体の画像に対して、高精度に姿勢推定や照合ができる。その第1の理由は、物体モデルから生成された複数の比較画像から鮮明度を反映する第1の鮮明度特徴量を抽出して、相違度計算に付加することにより、物体モデルの物体と入力画像の物体が合っていない場合には大きな相違度が生じやすくなるためである。比較画像を生成した物体モデルが入力画像と同じ物体であり、かつ推定姿勢が合っている場合、生成される比較画像は鮮明な画像となることが期待される。このため、鮮明度を反映した第1の鮮明度特徴量を相違度計算に用いることにより、姿勢推定や照合精度が向上する。

第2の理由は、比較画像と入力画像からそれぞれ鮮明度を反映する第1、第2の鮮明度特徴量を抽出して相違度計算に付加することにより、同様に物体モデルの物体と入力画像の物体が合っていない場合には大きな相違度が生じやすくなるためである。比較画像を生成した物体モデルが入力画像と同じ物体であり、かつ推定姿勢が合っている場合、生成される比較画像の鮮明度は入力画像の鮮明度に近くなることが期待される。このため、鮮明度を反映した第1、第2の鮮明度特徴量を相違度計算に用いることにより、姿勢推定や照合精度が向上する。

請 求 の 範 囲

1. 入力画像と3次元物体モデルとを比較して物体の姿勢推定を行う姿勢推定システムにおいて、

少なくとも1つの姿勢候補を生成する姿勢候補決定部と、

生成された姿勢候補に応じて、3次元物体モデルを2次元の画像に射影しつつ入力画像に近い比較画像を複数個生成する比較画像生成部と、

複数の比較画像のそれぞれから鮮明度を反映した第1の鮮明度特徴量を抽出する第1の鮮明度特徴抽出部と、

入力画像と比較画像の相違度に前記第1の鮮明度特徴量を加重した複数の加重相違度を計算する加重相違度計算部と、

複数の加重相違度の中から最小の加重相違度を持つ比較画像を選出し、選出された比較画像に基づいて最適な姿勢を推定する判定部と、
を備えたことを特徴とする姿勢推定システム。

2. 請求項1に記載の姿勢推定システムにおいて、

更に、入力画像から鮮明度を反映した第2の鮮明度特徴量を抽出する第2の鮮明度特徴抽出部を備え、

前記加重相違度計算部は、入力画像と比較画像の相違度に、入力画像の第2の鮮明度特徴量と比較画像の第1の鮮明度特徴量との相違度を加重した複数の加重相違度を計算する、

ことを特徴とする姿勢推定システム。

3. 請求項1に記載の姿勢推定システムにおいて、

前記加重相違度計算においては、鮮明度が高い画像ほど加重が高くなることを特徴とする姿勢推定システム。

4. 請求項2に記載の姿勢推定システムにおいて、

前記第1、第2の鮮明度特徴量は、エッジ強度がしきい値以上の画素数の比率、輝度値の範囲、輝度値の分散、または特徴点数であることを特徴とする姿勢推定

システム。

5. 請求項2に記載の姿勢推定システムにおいて、

前記第1、第2の鮮明度特徴量は、エッジ画像、または特徴点であることを特徴とする姿勢推定システム。

6. 請求項1に記載の姿勢推定システムを用いた姿勢推定及び照合システムであって、

前記判定部は更に、推定した最適姿勢の最小加重相違度をあらかじめ定められたしきい値と比較することにより物体照合をも行うことを特徴とする姿勢推定及び照合システム。

7. 請求項2に記載の姿勢推定システムを用いた姿勢推定及び照合システムであって、

前記判定部は更に、推定した最適姿勢の最小相違度をあらかじめ定められたしきい値と比較することにより物体照合をも行うことを特徴とする姿勢推定及び照合システム。

8. 請求項6に記載の姿勢推定及び照合システムにおいて、

前記加重相違度計算においては、鮮明度が高い画像ほど加重が高くなることを特徴とする姿勢推定及び照合システム。

9. 請求項7に記載の姿勢推定及び照合システムにおいて、

前記第1、第2の鮮明度特徴量は、エッジ強度がしきい値以上の画素数の比率、輝度値の範囲、輝度値の分散、または特徴点数であることを特徴とする姿勢推定及び照合システム。

10. 請求項7に記載の姿勢推定及び照合システムにおいて、

前記第1、第2の鮮明度特徴量は、エッジ画像、または特徴点であることを特徴とする姿勢推定及び照合システム。

11. 入力画像と物体モデルとを比較して物体の照合を行う照合システムにおいて、

物体モデルから入力画像に近い比較画像を複数個生成する比較画像生成部と、複数の比較画像のそれぞれから鮮明度を反映した第1の鮮明度特徴量を抽出す

る第 1 の鮮明度特徴抽出部と、

入力画像と比較画像の相違度に前記第 1 の鮮明度特徴量を加重した複数の加重相違度を計算する加重相違度計算部と、

計算された複数の加重相違度をあらかじめ設定したしきい値と比較することにより物体の照合を行う判定部と、

を備えたことを特徴とする照合システム。

1 2. 請求項 1 1 に記載の照合システムにおいて、

更に、入力画像から鮮明度を反映した第 2 の鮮明度特徴量を抽出する第 2 の鮮明度特徴抽出部を備え、

前記加重相違度計算部は、入力画像と比較画像の相違度に、入力画像の第 2 の鮮明度特徴量と比較画像の第 1 の鮮明度特徴量との相違度を加重した複数の加重相違度を計算する、

ことを特徴とする照合システム。

1 3. 請求項 1 1 に記載の照合システムにおいて、

前記加重相違度計算においては、鮮明度が高い画像ほど加重が高くなることを特徴とする照合システム。

1 4. 請求項 1 2 に記載の照合システムにおいて、

前記第 1、第 2 の鮮明度特徴量は、エッジ強度がしきい値以上の画素数の比率、輝度値の範囲、輝度値の分散、または特徴点数であることを特徴とする照合システム。

1 5. 請求項 1 2 に記載の照合システムにおいて、

前記第 1、第 2 の鮮明度特徴量は、エッジ画像、または特徴点であることを特徴とする照合システム。

1 6. 入力画像と 3 次元物体モデルとを比較して物体の姿勢推定を行う姿勢推定方法において、

少なくとも 1 つの姿勢候補を生成し、

生成された姿勢候補に応じて、3 次元物体モデルを 2 次元の画像に射影しつつ入力画像に近い比較画像を複数個生成し、

複数の比較画像のそれぞれから鮮明度を反映した第 1 の鮮明度特徴量を抽出し、
入力画像と比較画像の相違度に第 1 の鮮明度特徴量を加重した複数の加重相違度を計算する、

ことを特徴とする姿勢推定方法。

17. 請求項 16 に記載の姿勢推定方法において、
更に、入力画像から鮮明度を反映した第 2 の鮮明度特徴量を抽出し、
前記加重相違度計算においては、入力画像と比較画像の相違度に、入力画像の第 2 の鮮明度特徴量と比較画像の第 1 の鮮明度特徴量との相違度を加重した複数の加重相違度を計算する、
ことを特徴とする姿勢推定方法。

18. 請求項 16 に記載の姿勢推定方法を用いた姿勢推定及び照合方法であって、

更に、複数の加重相違度の中から最小の加重相違度を持つ比較画像を選出し、
選出された比較画像に基づいて最適な姿勢を推定する、
ことを特徴とする姿勢推定及び照合方法。

19. 請求項 17 に記載の姿勢推定方法を用いた姿勢推定及び照合方法であって、

更に、複数の加重相違度の中から最小の加重相違度を持つ比較画像を選出し、
選出された比較画像に基づいて最適な姿勢を推定する、
ことを特徴とする姿勢推定及び照合方法。

20. 入力画像と物体モデルとを比較するための物体相違度計算方法において、

物体モデルから入力画像に近い比較画像を複数個生成し、
複数の比較画像のそれぞれから鮮明度を反映した第 1 の鮮明度特徴量を抽出し、
入力画像と比較画像の相違度に第 1 の鮮明度特徴量を加重した複数の加重相違度を計算する、
ことを特徴とする物体相違度計算方法。

21. 請求項 20 の物体相違度計算方法において、

更に、入力画像から鮮明度を反映した第 2 の鮮明度特徴量を抽出し、

前記加重相違度計算においては、入力画像と比較画像の相違度に、入力画像の第 2 の鮮明度特徴量と比較画像の第 1 の鮮明度特徴量との相違度を加重した複数の加重相違度を計算する、
ことを特徴とする物体相違度計算方法。

2 2. 請求項 2 0 に記載の物体相違度計算方法を用いた物体照合方法であって、

更に、計算された複数の加重相違度の比較を行うことにより照合を行う、
ことを特徴とする物体照合方法。

2 3. 請求項 2 1 に記載の物体相違度計算方法を用いた物体照合方法であって、

更に、計算された複数の相違度の比較を行うことにより照合を行う、
ことを特徴とする物体照合方法。

2 4. コンピュータに、入力画像と 3 次元物体モデルとを比較して物体の姿勢推定を実行させるための姿勢推定プログラムにおいて、

少なくとも 1 つの姿勢候補を生成する姿勢候補決定処理と、

生成された姿勢候補に応じて、3 次元物体モデルを 2 次元の画像に射影しつつ
入力画像に近い比較画像を複数個生成する比較画像生成処理と、

複数の比較画像のそれぞれから鮮明度を反映した第 1 の鮮明度特徴量を抽出する
第 1 の鮮明度特徴抽出処理と、

入力画像と比較画像の相違度に第 1 の鮮明度特徴量を加重した複数の加重相違度を計算する加重相違度計算処理と、

複数の加重相違度の中から最小の加重相違度を持つ比較画像を選出し、選出された比較画像に基づいて最適な姿勢を推定する姿勢推定処理と、
を実行することを特徴とする姿勢推定プログラム。

2 5. 請求項 2 4 に記載の姿勢推定プログラムにおいて、

更に、入力画像から鮮明度を反映した第 2 の鮮明度特徴量を抽出する第 2 の鮮明度特徴抽出処理を実行し、

前記加重相違度計算処理においては、入力画像と比較画像の相違度に、入力画像の第２の鮮明度特徴量と比較画像の第１の鮮明度特徴量との相違度を加重した複数の加重相違度を計算する、

ことを特徴とする姿勢推定プログラム。

２６． 請求項２４に記載の姿勢推定プログラムを用いた姿勢推定及び照合プログラムであって、

前記姿勢推定処理においては更に、推定した最適姿勢の最小加重相違度をあらかじめ定められたしきい値と比較することにより物体照合をも行う、ことを特徴とする姿勢推定及び照合プログラム。

２７． 請求項２５に記載の姿勢推定プログラムを用いた姿勢推定及び照合プログラムであって、

前記姿勢推定処理においては更に、推定した最適姿勢の最小加重相違度をあらかじめ定められたしきい値と比較することにより物体照合をも行う、ことを特徴とする姿勢推定及び照合プログラム。

２８． コンピュータに、入力画像と物体モデルとを比較して物体の照合を実行させるための照合プログラムにおいて、

物体モデルから入力画像に近い比較画像を複数個生成する比較画像生成処理と、複数の比較画像のそれぞれから鮮明度を反映した第１の鮮明度特徴量を抽出する第１の鮮明度特徴抽出処理と、

入力画像と比較画像の相違度に第１の鮮明度特徴量を加重した複数の加重相違度を計算する加重相違度計算処理と、

計算された複数の加重相違度の比較を行うことにより照合を行う照合処理と、を実行することを特徴とする照合プログラム。

２９． 請求項２８に記載の照合プログラムにおいて、

更に、入力画像から鮮明度を反映した第２の鮮明度特徴量を抽出する第２の鮮明度特徴抽出処理を実行し、

前記加重相違度計算処理においては、入力画像と比較画像の相違度に、入力画像の第２の鮮明度特徴量と比較画像の第１の鮮明度特徴量との相違度を加重した

複数の加重相違度を計算する、
ことを特徴とする物体照合プログラム。

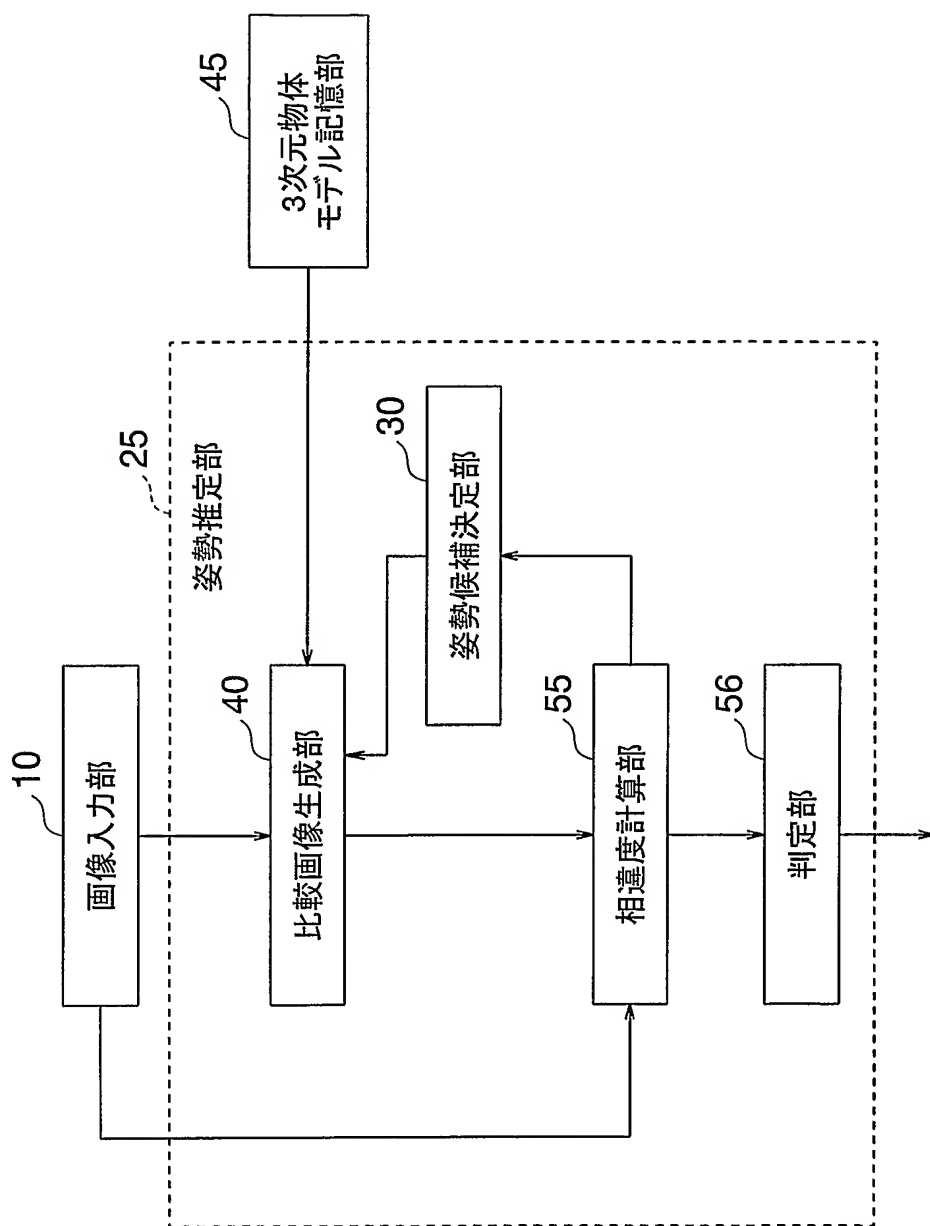


図1

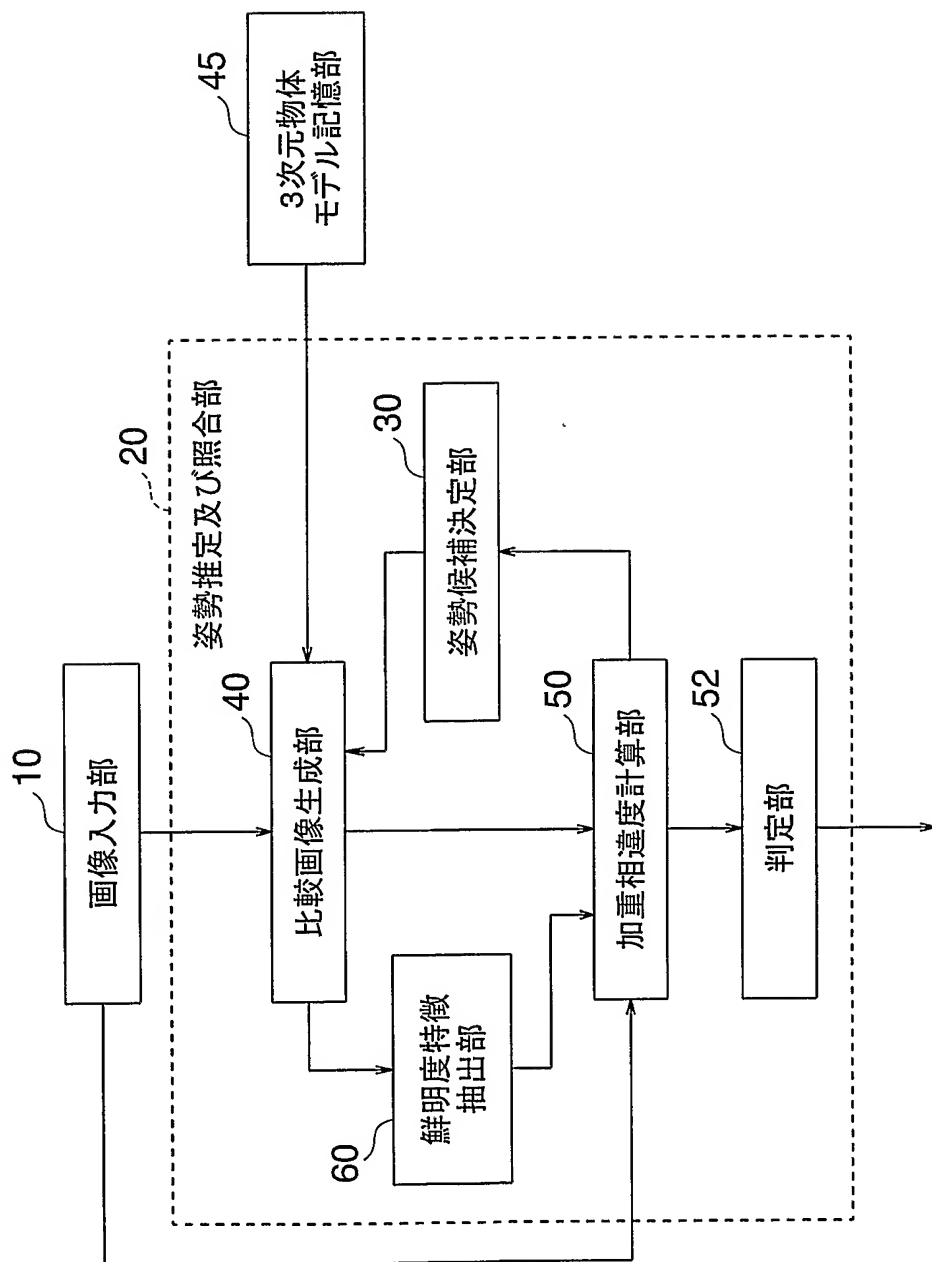


図2

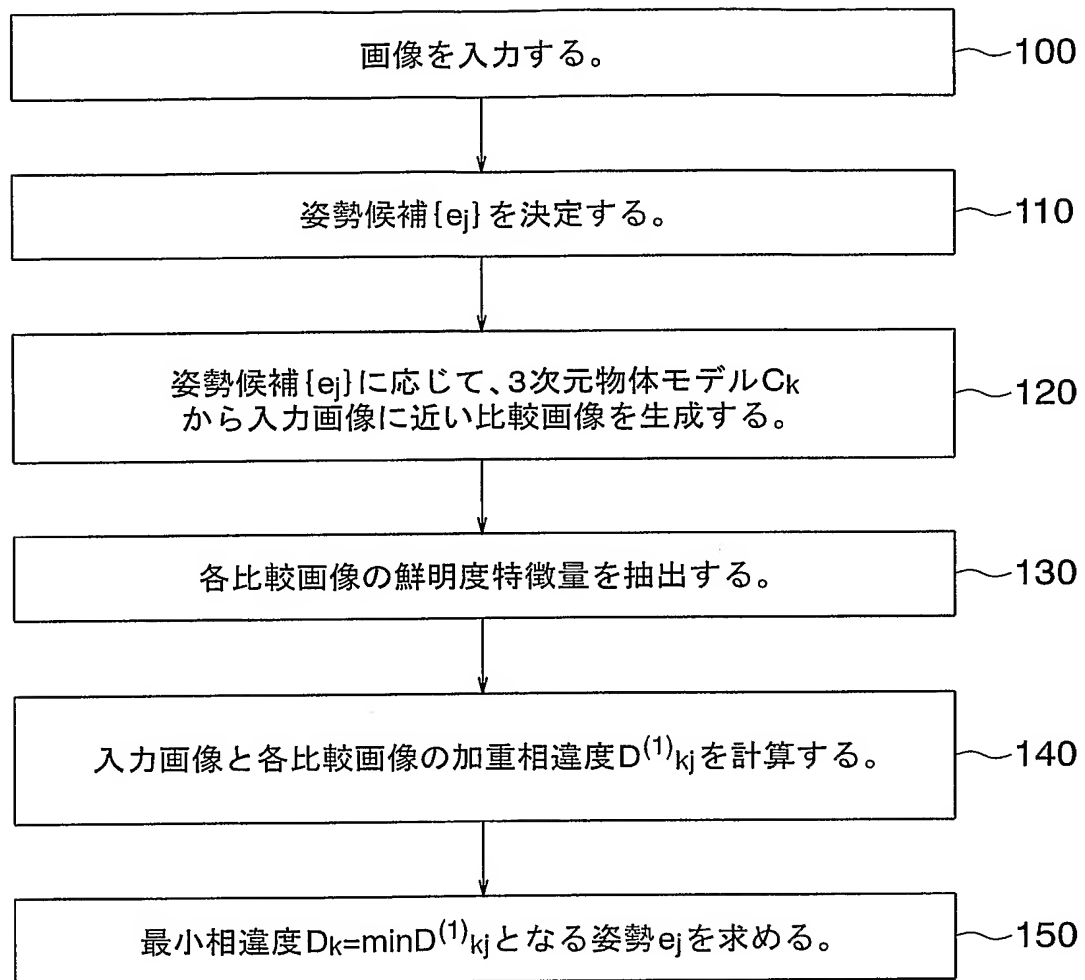


図3

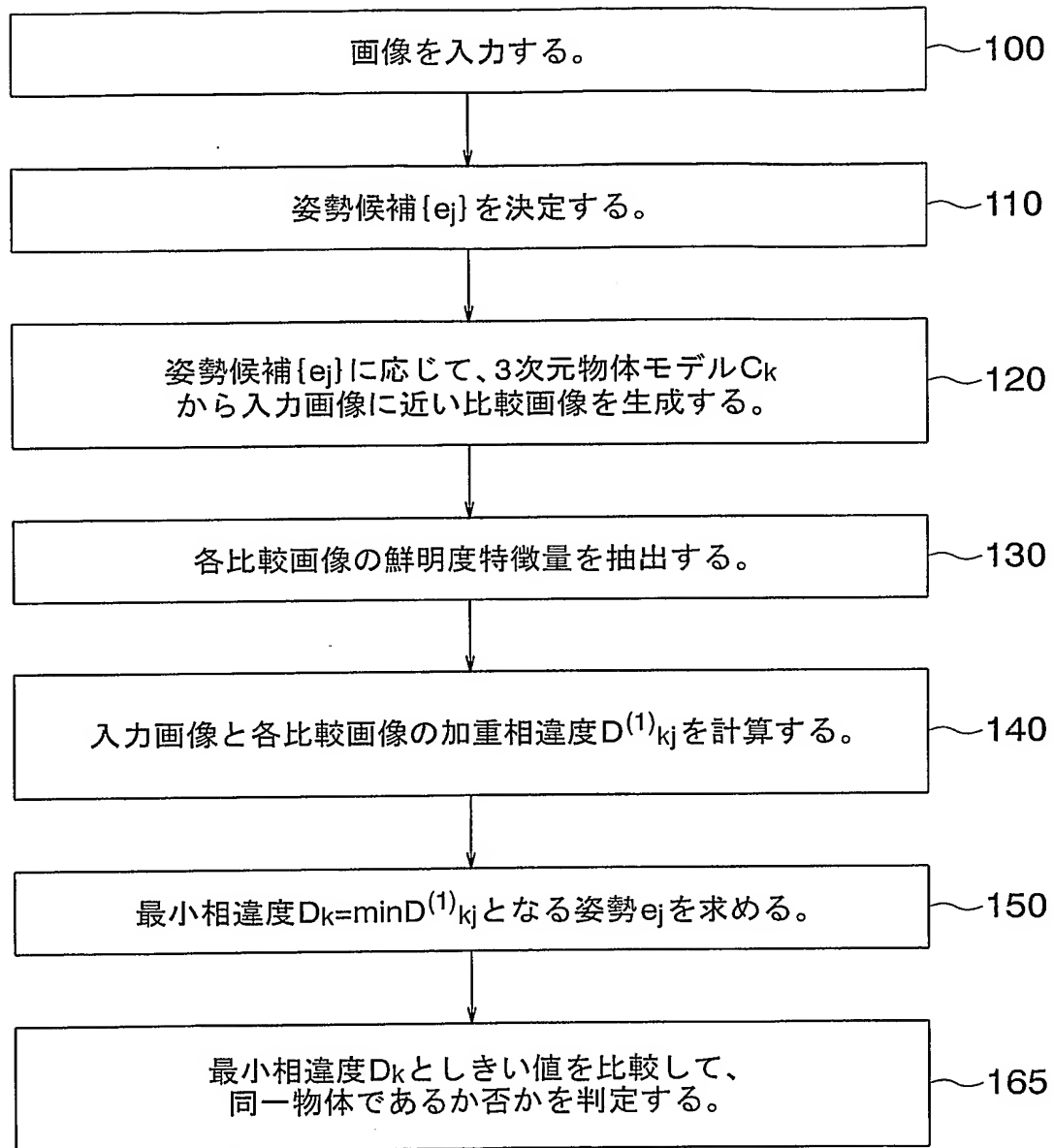


図4

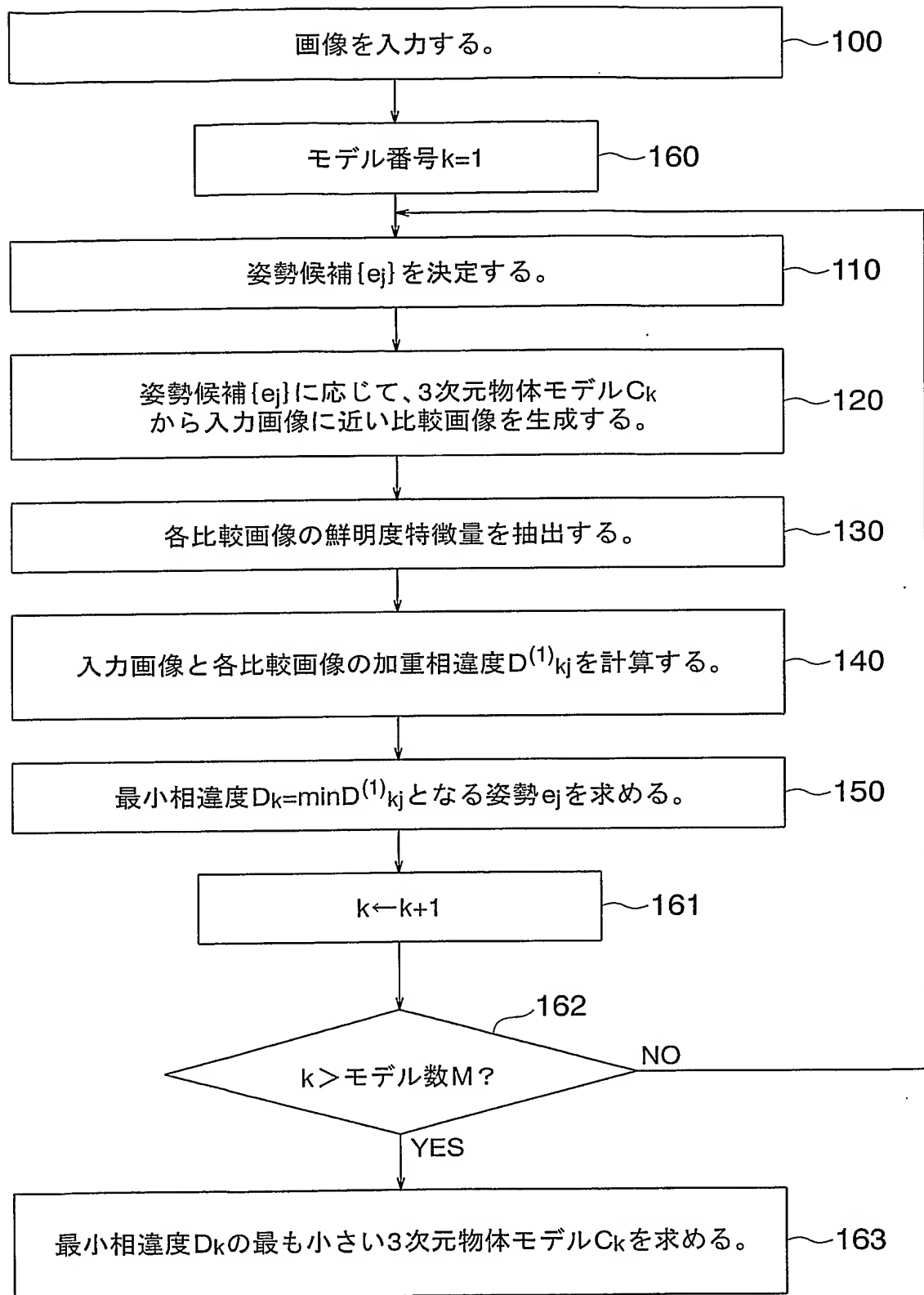


図5

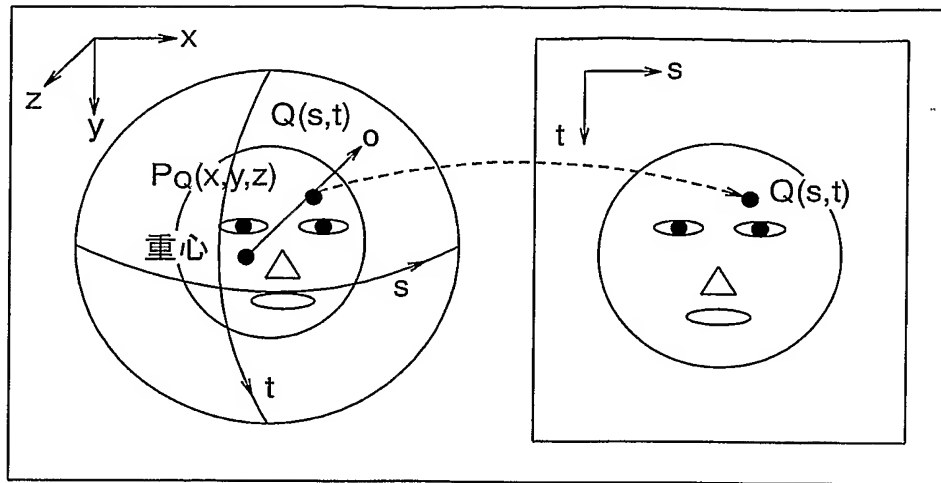


図6

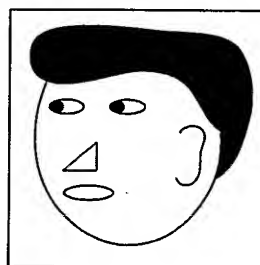


図7

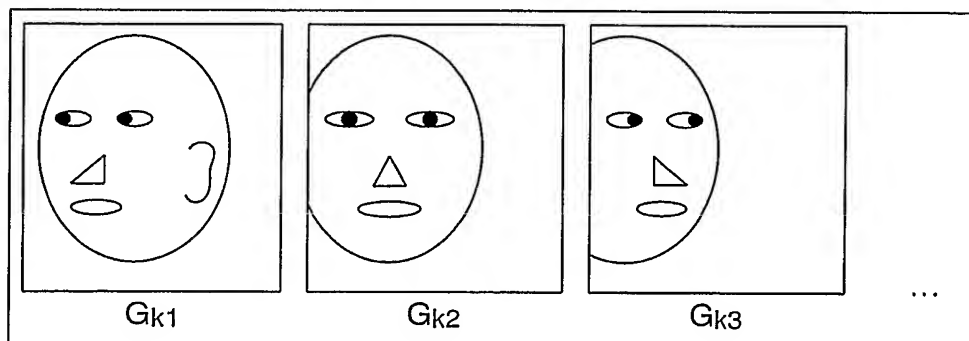


図8

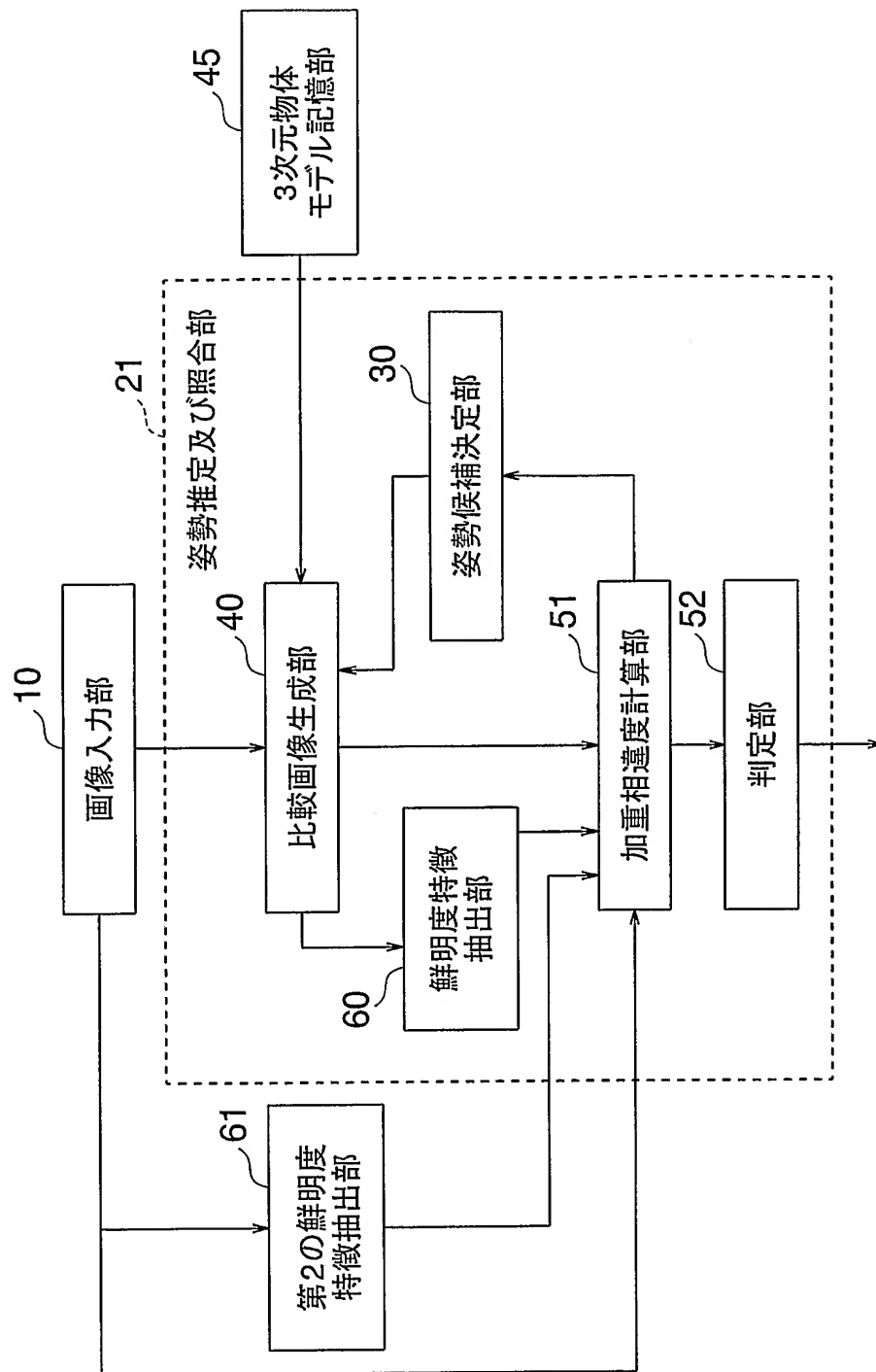


図9

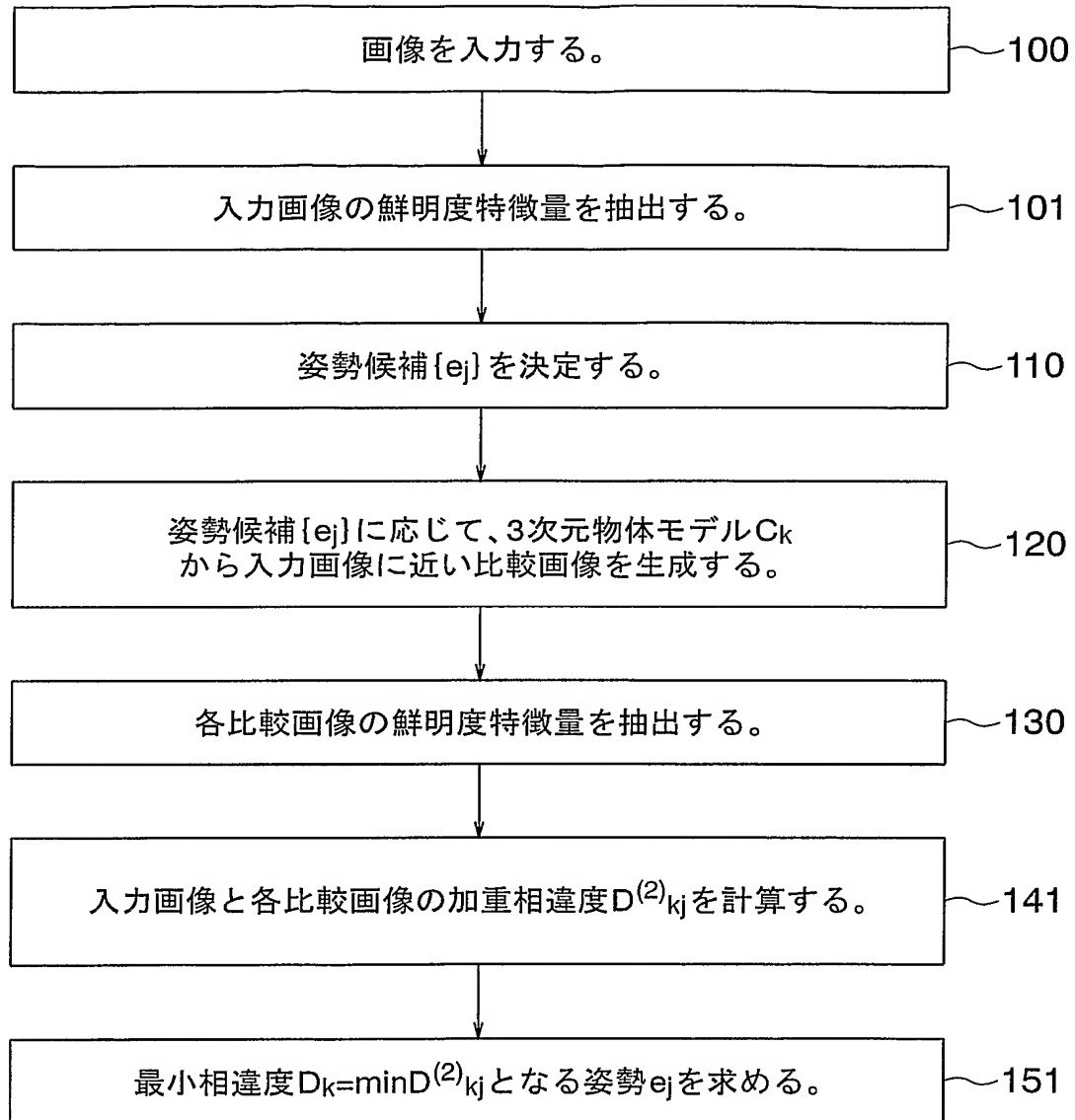


図10

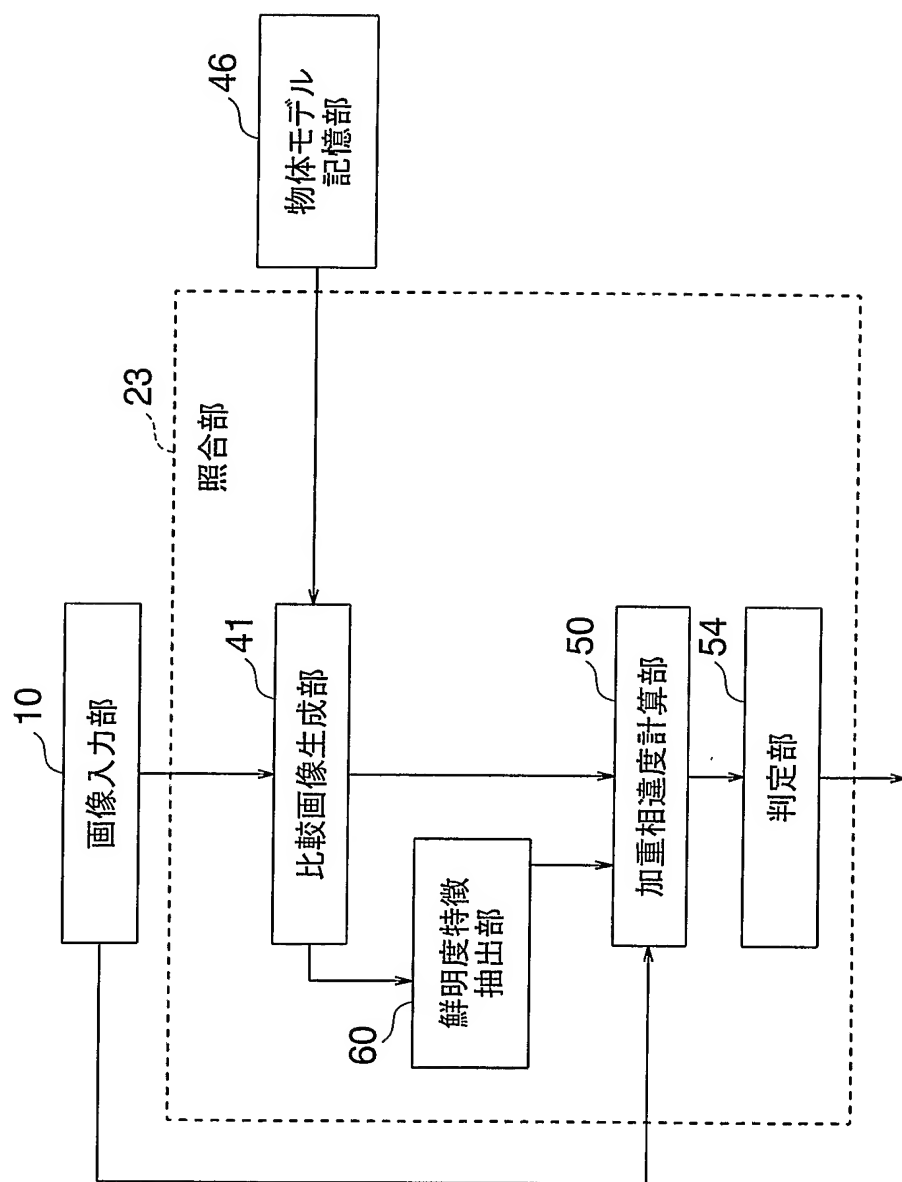


図11

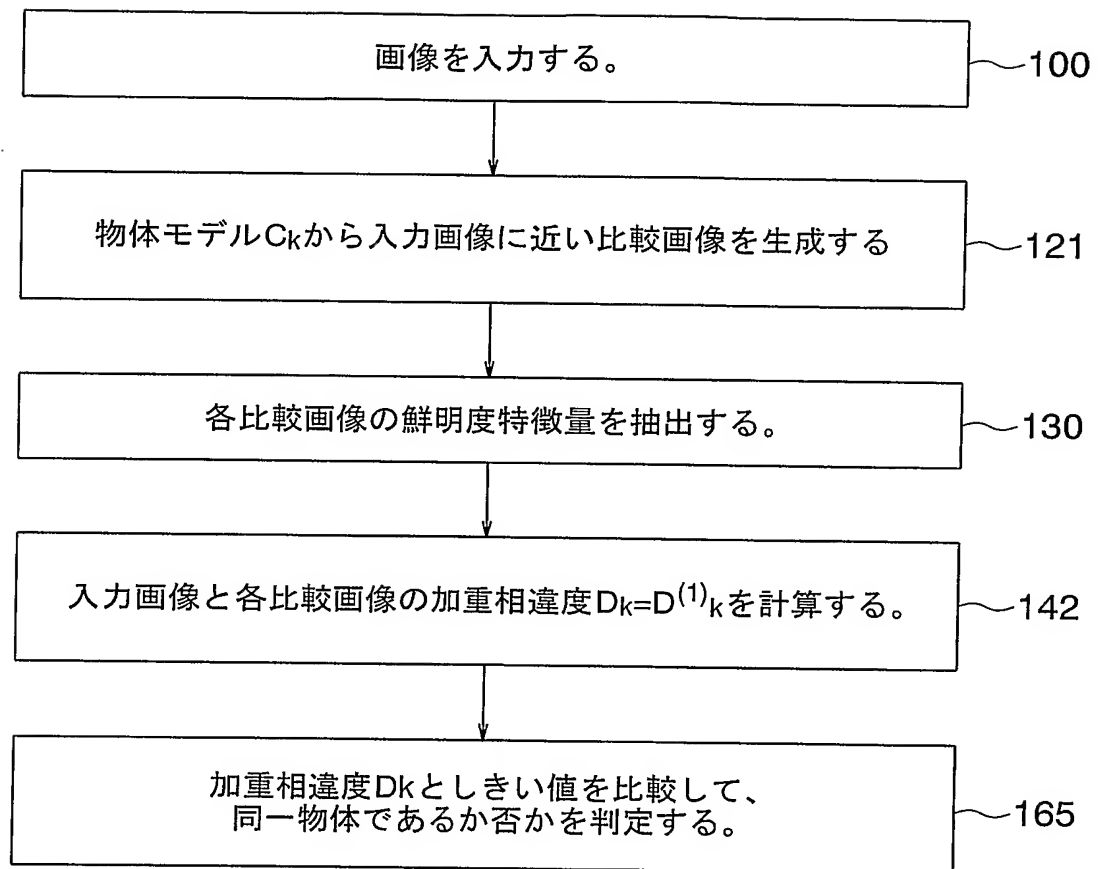


図12

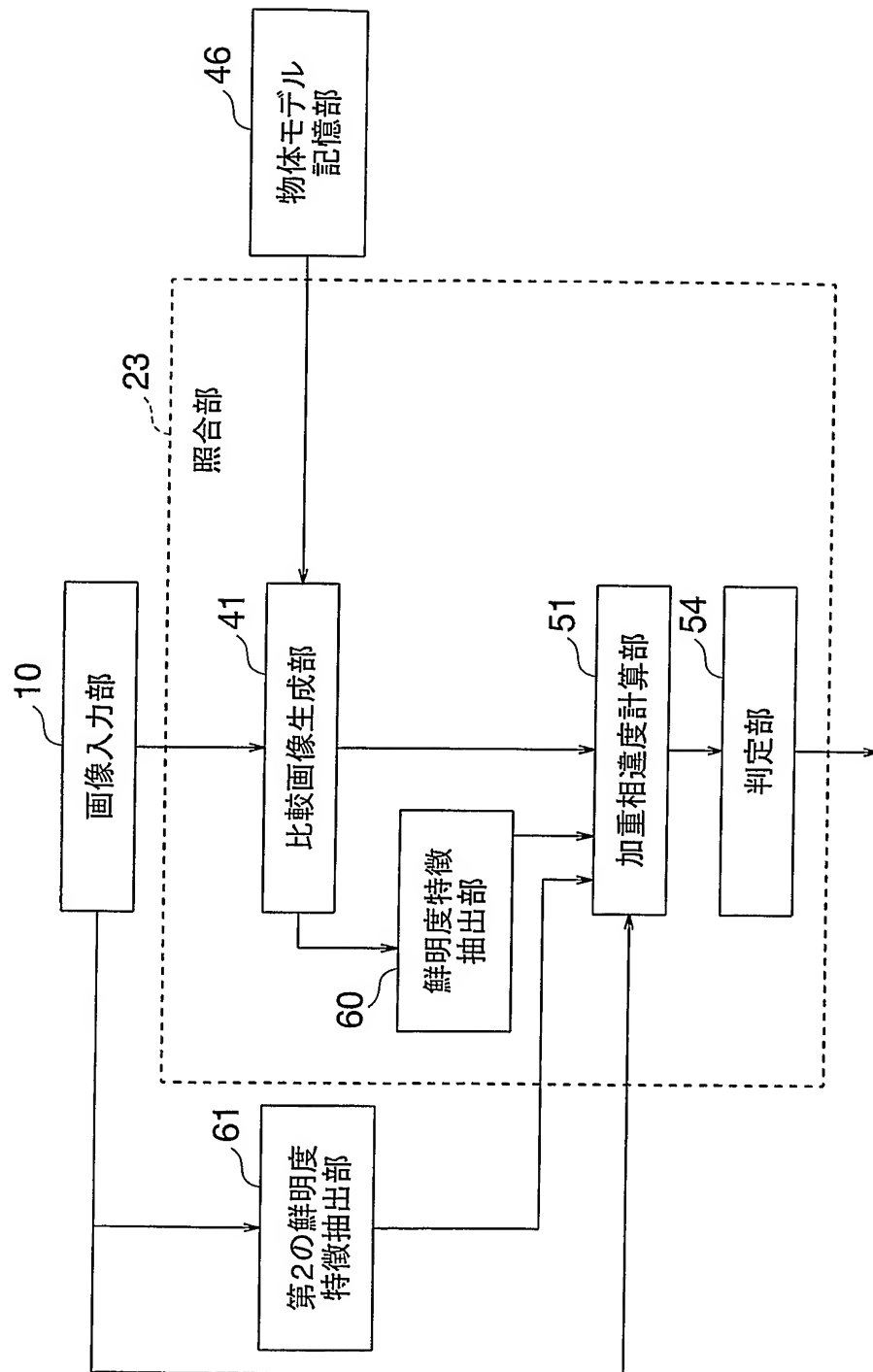


図13

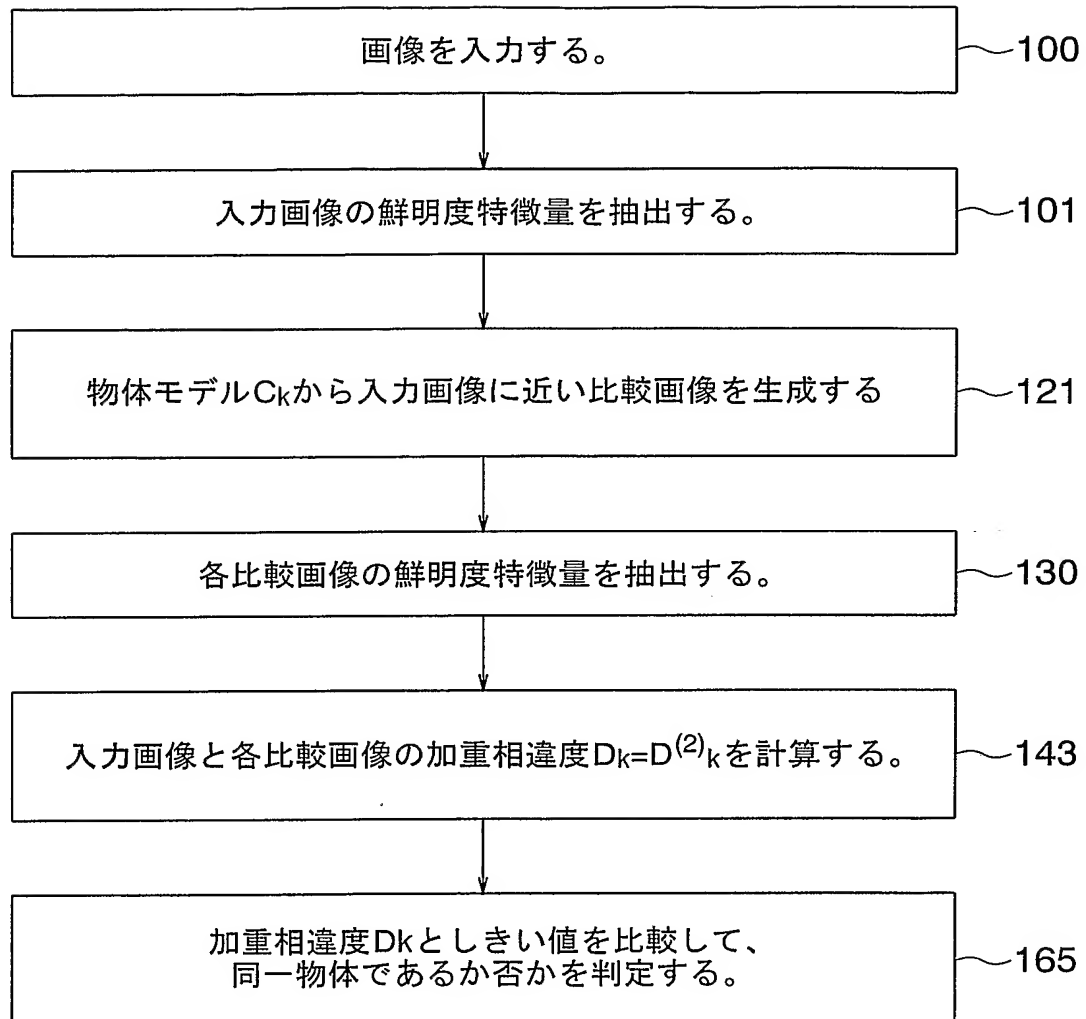


図 14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/004148

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.⁷ G06T1/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.⁷ G06T1/00, G01B11/00, G06T7/60

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPLUS (JOIS)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2003-058896 A (NEC Corp.), 28 February, 2003 (28.02.03), Full text; all drawings & US 2003/035098 A1	1-3, 6-8, 11-13, 16-29 4, 5, 9, 10, 14, 15
Y A	JP 2003-256838 A (Canon Inc.), 12 September, 2003 (12.09.03), Par. Nos. [0057] to [0058] & US 2003/161535 A1	1-3, 6-8, 11-13, 16-19 4, 5, 9, 10, 14, 15

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
18 April, 2005 (18.04.05)

Date of mailing of the international search report
10 May, 2005 (10.05.05)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.⁷ G06T1/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.⁷ , G06T1/00, G01B11/00, G06T7/60

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JSTPLUS (JOIS)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	J P 2003-058896 A (日本電気株式会社) 2003. 02. 28, 全文, 全図 & US 2003/035098 A1	1-3, 6-8, 11-13, 16-29 4, 5, 9, 10, 14, 15
Y A	J P 2003-256838 A (キヤノン株式会社) 2003. 09. 12, 第【0057】欄-第【0058】欄 & US 200 3/161535 A1	1-3, 6-8, 11-13, 16-29 4, 5, 9, 10, 14, 15

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

18. 04. 2005

国際調査報告の発送日

10. 5. 2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

脇岡 剛

電話番号 03-3581-1101 内線 3531

5H

9365